



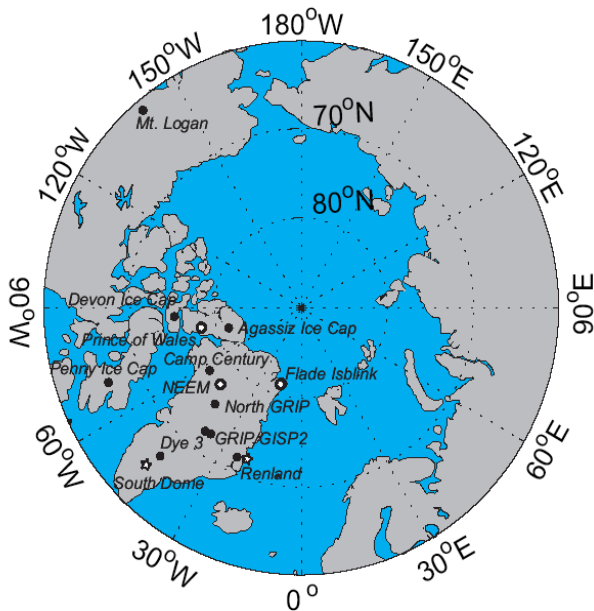
## NEEM-France :

**Etude de la vulnérabilité de la calotte du Groenland au changement climatique : modélisation et analyse de la glace du nouveau forage profond NEEM.**

Coordination : V. Masson-Delmotte (LSCE)

Partenaires : LSCE (M. Kageyama),  
LGGE (M. Montagnat-Rentier)  
CNRM (D. Salas)

# Objectifs du projet



## Nouveau forage et analyse des carottes

*Relations climat local – climat global*

## Modélisation atmosphère-climat

*Relations calotte - climat*

## Modélisation calotte

*Blog, galerie de photos sur [neem.dk](http://neem.dk)*



# Résultats clés

- **Spécificités du site**

Climat actuel, climat glaciaire

- **Innovation analytique**

Mesures optiques continues

Spectrométrie de masse:  $^{17}\text{O}$  excess

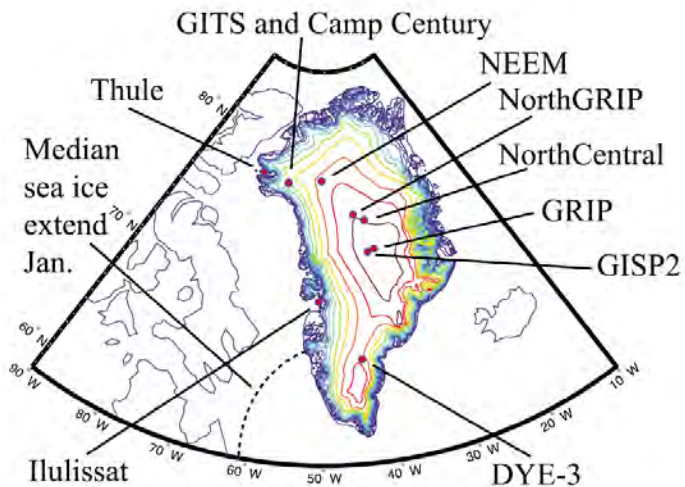
- **Développements de modélisation**

Interface calotte - atmosphère

- **Nouvelles contraintes sur le climat groenlandais et la topographie de l'inlandsis pendant l'Eemien**

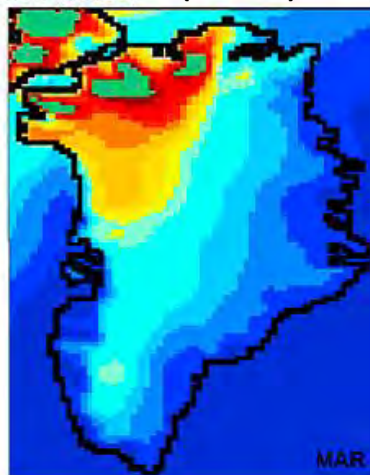
Combinaison modélisation – analyses du fond de NEEM

# Spécificités du site : actuel



- Analyses isotopiques :
  - Vapeur, précipitations
  - Forages de surface
- Contrôles sur  $\delta$  neige :
  - Température locale
  - Origine des masses d'air
  - Extension de banquise (Baffin Bay)

snow JJA/DJF (MAR)



- Conclusions :
  - Saisonnalité des précipitations (JJA/DJF > 2)
  - Réchauffement récent (1970-2010) +1.5 C à +3.0 C en 40 ans

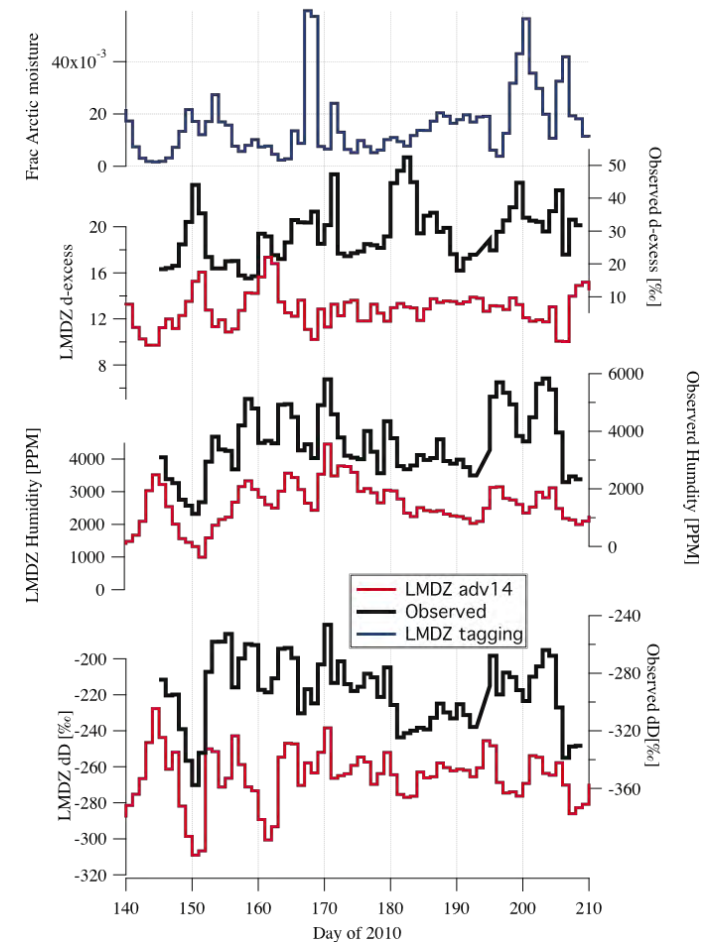


# Observations continues vapeur d'eau

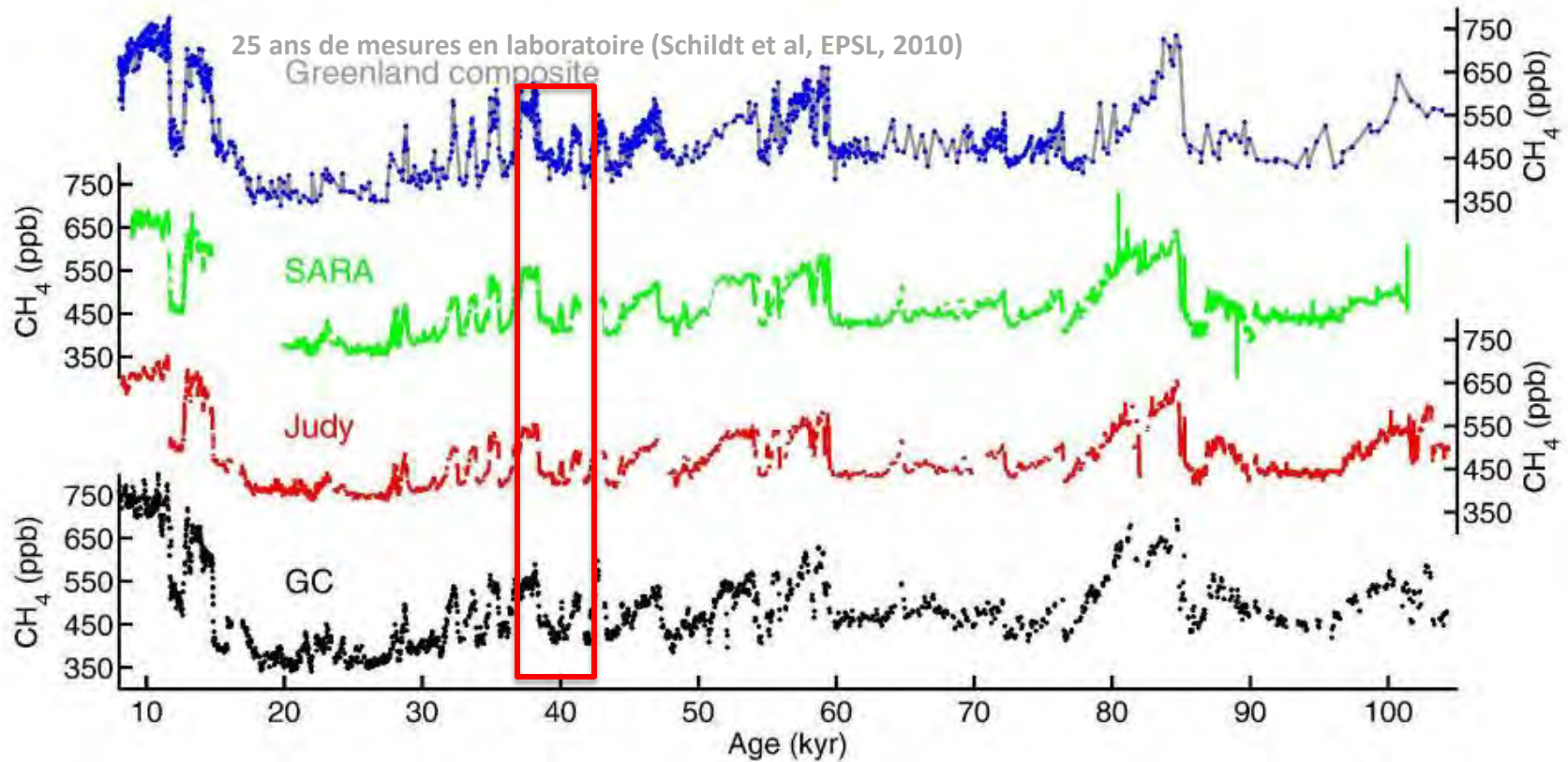


- 2 analyseurs CRDS, 9 niveaux
- Cycle diurne (névé-atmosphère)
- Variabilité synoptique :
  - signature masses air arctiques (d excess)
  - processus non capturés par LMDZiso

→ faisabilité / intérêt surveillance continue isotopes vapeur d'eau arctique



# Mesures optiques de CH<sub>4</sub> et CO

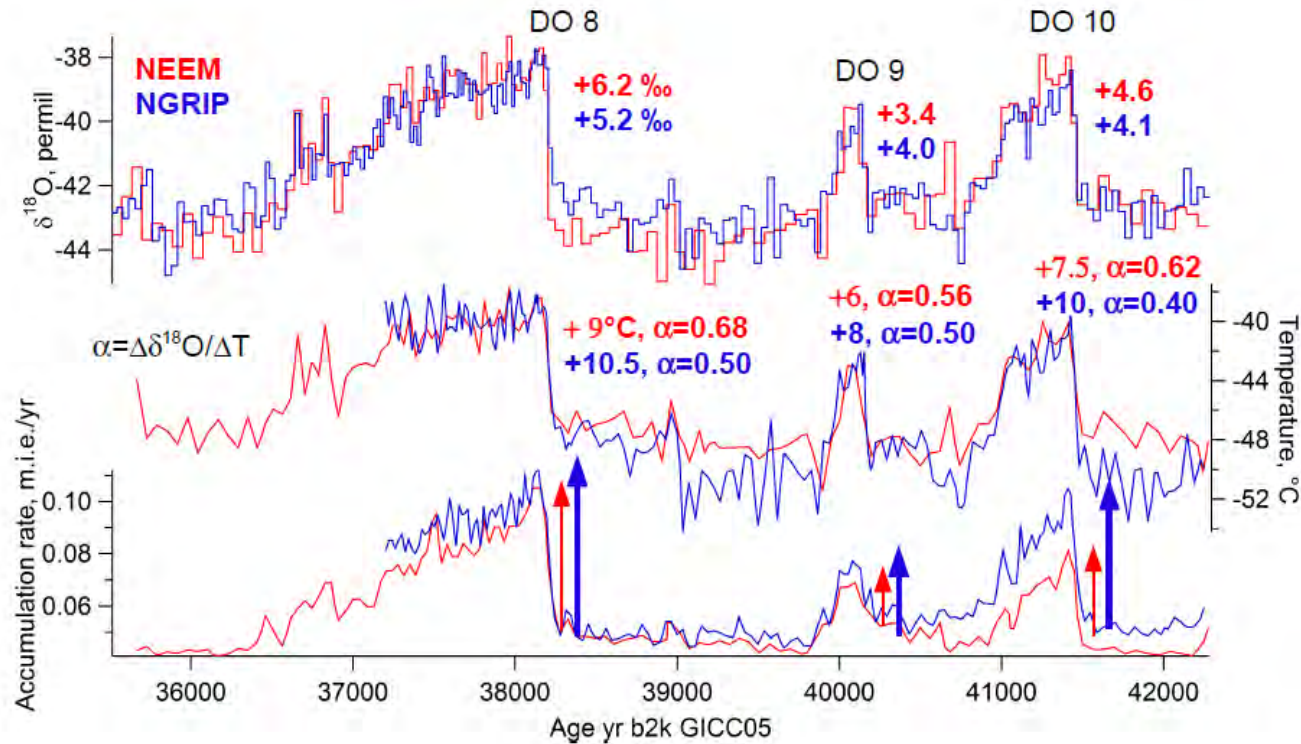


- Rupture technologique, haute résolution
- Limitations : effets de bords (entre carottes), correction solubilité
- Artefacts (production in situ) : faible (CH<sub>4</sub>), fort (CO)

*Chappellaz et al, en préparation*

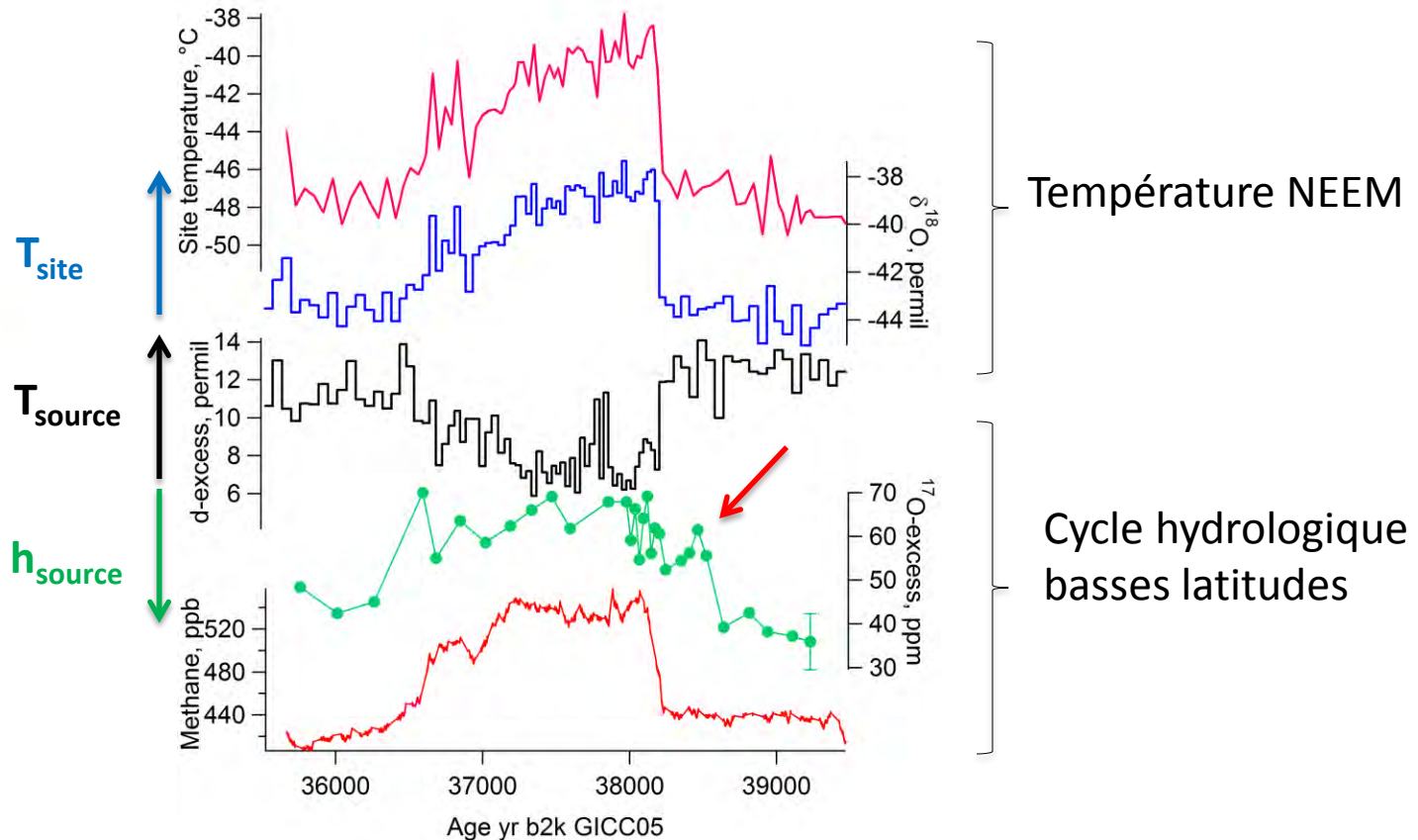


# Spécificités du site : variabilité glaciaire



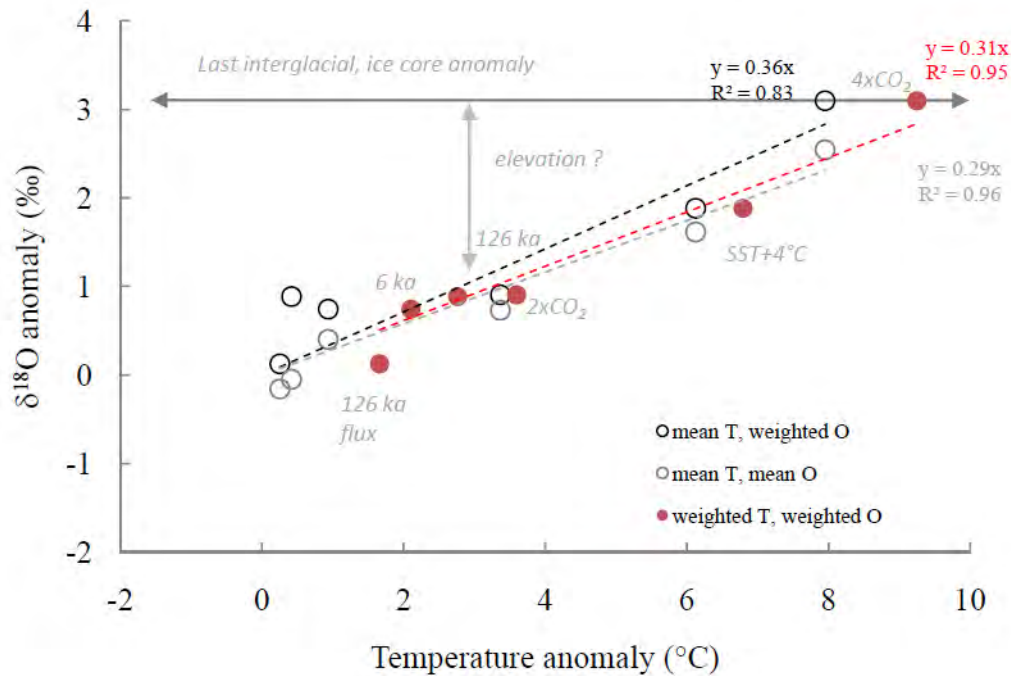
- Température déduite de  $\delta^{15}\text{N}$  (fractionnement thermique air névé)
- Gradients régionaux pendant stades-interstades :
  - changements température plus forts à NGRIP que NEEM
  - relation isotope-température plus variable à NGRIP (biais saisonnalité)

# Anatomie d'une instabilité rapide (DO8)

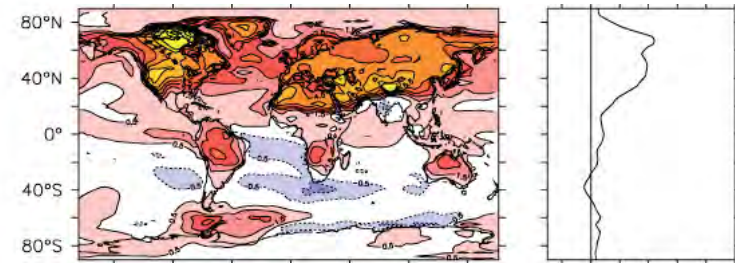


- Nouveau traceur :  $^{17}\text{O}$  excess, marqueur humidité relative zone d'évaporation (démonstré sur cycle saisonnier et variabilité synoptique)
- $^{17}\text{O}$  excess précurseur (400 ans) du DO8

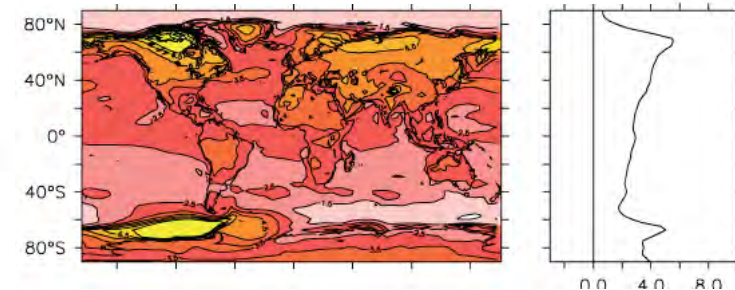
# Modélisation dernier interglaciaire



**T JJA - Dernier interglaciaire (126-0)**



**T JJA - Projection (2xCO<sub>2</sub>-0)**

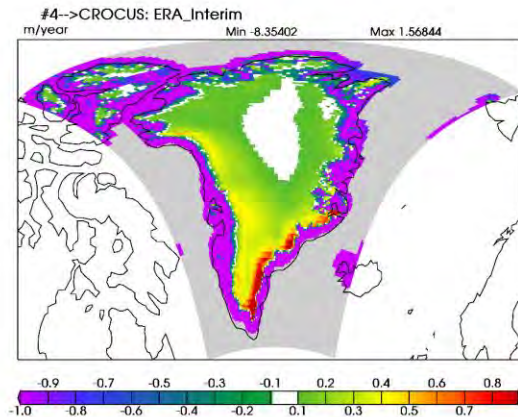


- Forçages différents (GHG vs ensoleillement)
- JJA, HN : amplitudes et rétroactions (vapeur d'eau, nuages, glace de mer) similaires
- Analyses relations isotopes – température

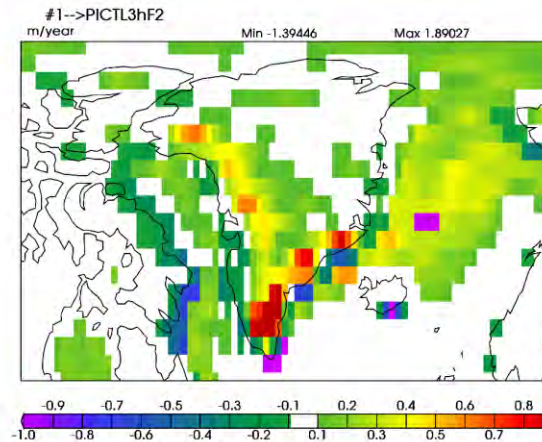
# Modélisation interface calotte-climat : bilan de masse

- Sensibilité à la résolution horizontale
- En cours pour dernier interglaciaire

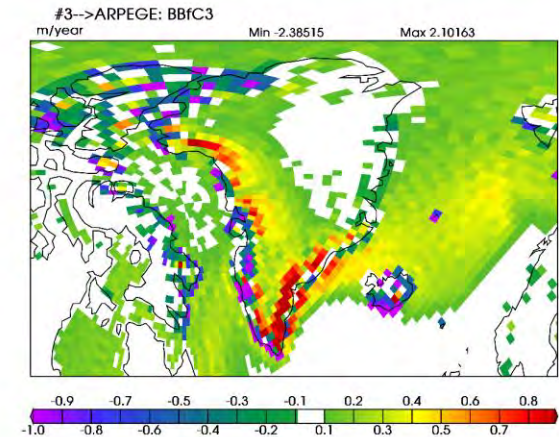
**CROCUS- ERA Interim**



**CNRM-CM5 150 km**



**CNRM-CM5 étiré 50 km**

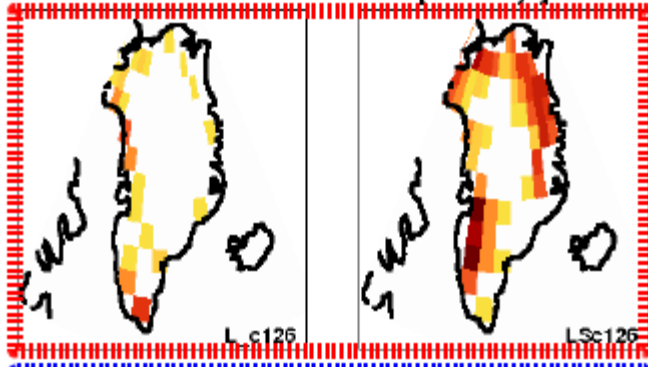


# Modélisation interface calotte-climat : bilan de masse

- Implémentation modèle neige LMDZ-SIWAT, changement premier niveau modèle (12 m) : corrige biais froids actuel
- Comparaison bilan masse / PDD : dernier interglaciaire – actuel ( 126 ka – 0 ka)

## SMB model [m i.e./yr]

Modelled surface mass balance [m i.e. / yr] vs PI Ctrl

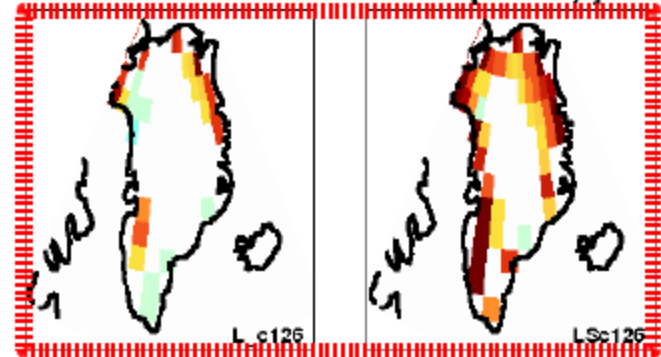


STD LMDZ

LMDZ-SV

## SMB PDD [m i.e./yr]

Surface mass balance PDD method [m i.e. / yr] vs PI

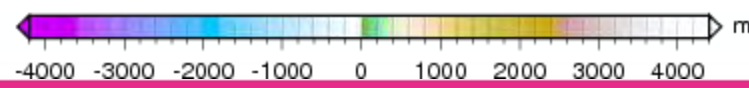
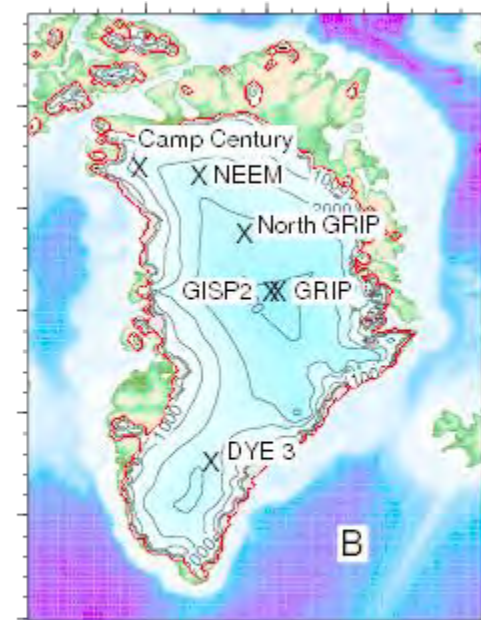
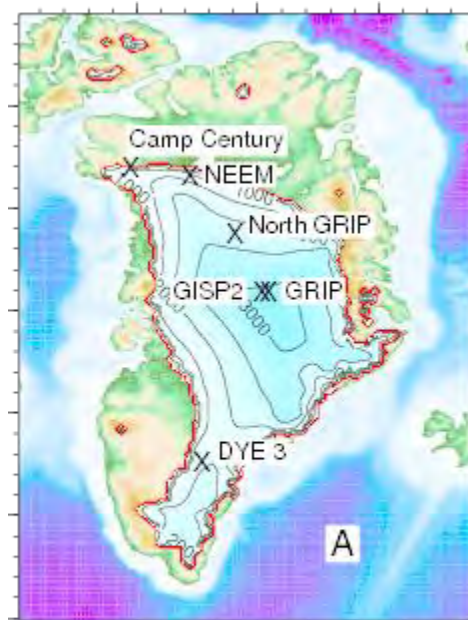
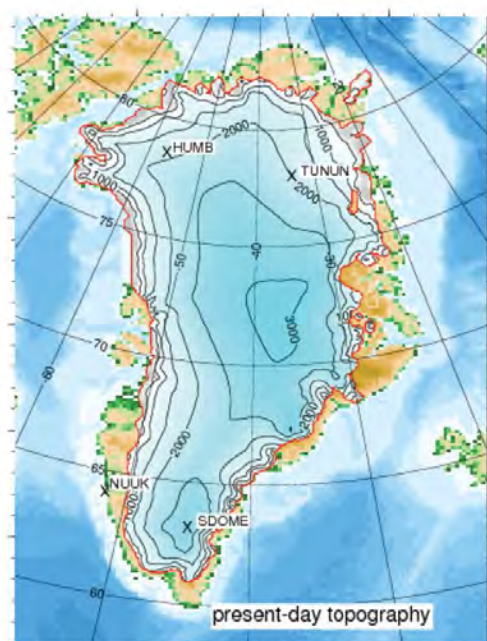
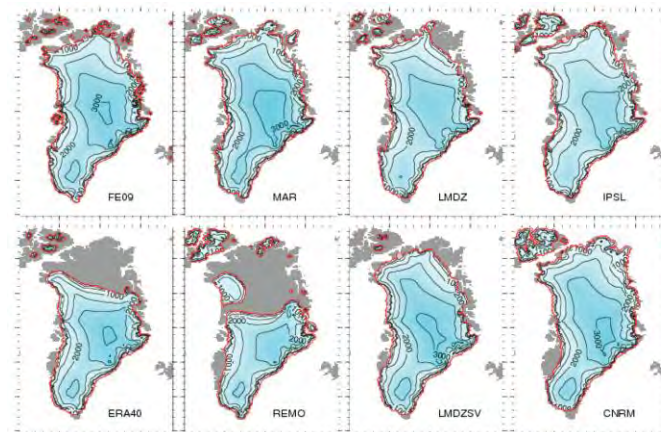


STD LMDZ

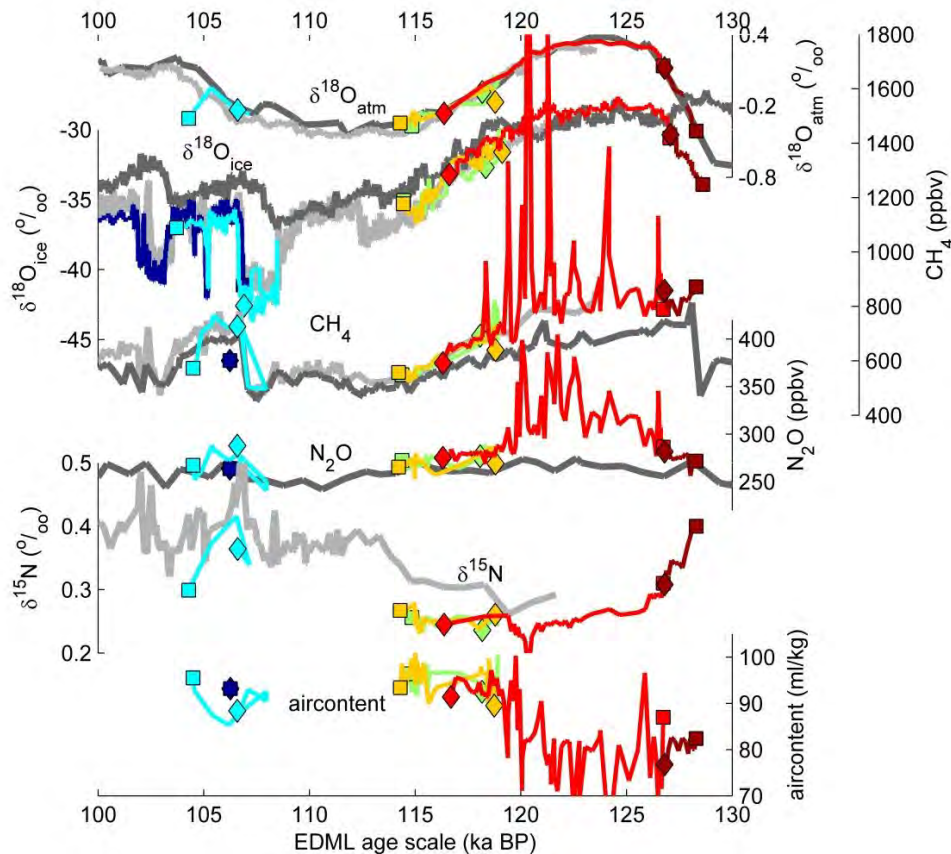
LMDZ-SV

# Modélisation calotte

- Impacts climatologie de contrôle et paramétrisations
- Construction de scénarios dernier interglaciaire



# Fond de NEEM



- Stratigraphie perturbée: 4 discontinuités

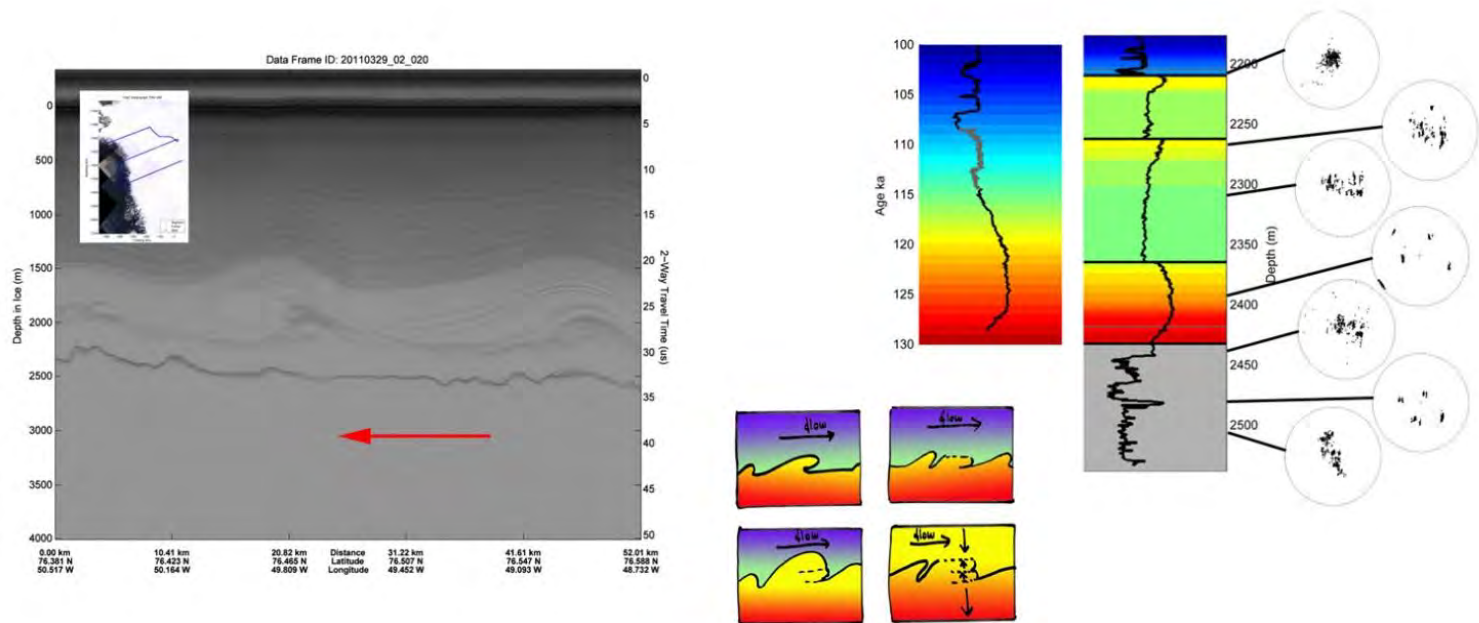
- Reconstruction à partir de l'analyse de l'air (référence antarctique)

- Isotopes de l'eau, teneur en air :

- réchauffement Eemien : 8 2 C (126 ka – 0 ka)

- altitude : baisse de ~500m pendant Eemien (~200 m sous niveau actuel)

# Écoulement glaciologique



- Propriétés mécaniques de la glace différente entre
  - glace de climat glaciaire (nombreuses impuretés, cristaux 1.5mm, orientation): déformation facile
  - glace de climat interglaciaire (cristaux 25 mm, pas d'orientation) : très dure

# Conclusion et perspectives

- Acquis du projet :
  - nouvelles données NEEM (actuel, paléoclimats, glaciologie)
  - nouvelles méthodologies analytiques (méthodes optiques)
  - nouveaux outils de modélisation (bilan de masse, calotte)
- Perspectives :
  - variabilité régionale Groenland
  - contraintes paléoclimatiques pour projections (climat – calottes)
  - observations continues isotopes vapeur d'eau région arctique